

# (1) Cérès

Cérès, officiellement désignée par (1) Cérès (désignation internationale (1) *Ceres*), est une planète naine du Système solaire. C'est la seule planète naine située dans la ceinture d'astéroïdes et sa masse représente environ le tiers de la masse totale de cette ceinture. Son diamètre est d'environ 950 kilomètres.

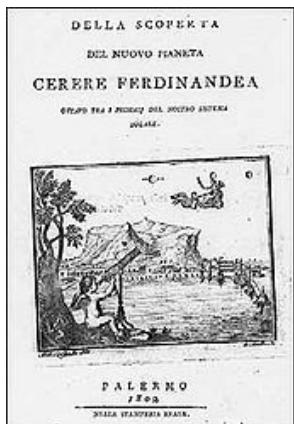
Elle est découverte le 1<sup>er</sup> janvier 1801 par Giuseppe Piazzi et porte le nom de la déesse romaine Cérès. Avec une magnitude apparente qui évolue entre 6,7 et 9,3 dans le spectre visible, Cérès n'est pas observable à l'œil nu.

Elle possède une forme sphérique, à la différence des corps plus petits, qui ont une forme irrégulière. Sa surface est probablement composée d'un mélange de glace d'eau et de divers minéraux hydratés (notamment des carbonates et de l'argile), et de la matière organique a été décelée. Il semble que Cérès possède un noyau rocheux et un manteau de glace. Elle pourrait héberger un océan d'eau liquide, ce qui fait d'elle une cible pour la recherche de vie extraterrestre. Cérès est entourée d'une atmosphère ténue, contenant de la vapeur d'eau et alimentée par des geysers.

En 2007, la sonde spatiale *Dawn* de la NASA est lancée afin de l'explorer. Après avoir étudié l'astéroïde *Vesta* en 2011-2012, elle est dirigée vers Cérès, autour de laquelle elle est placée sur une orbite de rayon à 61 000 kilomètres le 6 mars 2015. Son orbite est ensuite abaissée successivement pour fournir des observations plus précises, puis son carburant s'est épuisé le 31 octobre 2018, et *Dawn* est depuis un satellite passif de Cérès.

## Cérès dans l'histoire de l'astronomie

### Découverte

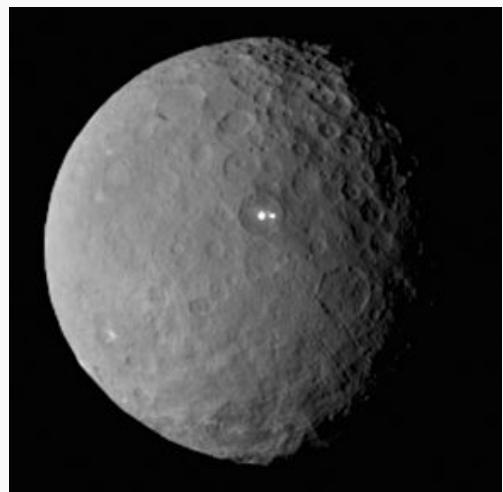


Couverture du livre de Piazzi « *Della scoperta del nuovo pianeta Cerere Ferdinandea* » donnant un aperçu de la découverte de Cérès.

L'idée selon laquelle une planète inconnue pourrait exister entre les orbites de Mars et Jupiter<sup>4</sup> fut proposée pour la première fois par Johann Elert Bode en 1768<sup>10</sup>. Ses suggestions étaient basées sur la loi de Titius-Bode, une théorie désormais obsolète proposée par Johann Daniel Titius en 1766<sup>11,10</sup>. Selon cette loi, le demi-grand axe de cette planète aurait été d'environ 2,8 ua<sup>11</sup>. La découverte d'Uranus par William Herschel en 1781<sup>10</sup> accrut la confiance dans la loi de Titius-Bode et, en 1800, vingt-quatre astronomes expérimentés combinèrent leurs efforts et entreprirent une recherche méthodique de la planète proposée<sup>10,11</sup>. Le groupe était dirigé par Franz Xaver von Zach. Bien qu'ils

(1) Cérès ?

(1) *Ceres*



Cérès vue par *Dawn* le 19 février 2015, montrant des taches claires de dépôts de sel au fond du cratère Occator.

### Caractéristiques orbitales

Époque 31 juillet 2016  
(JJ 2457600.5)

**Établi sur 6 634 observ. couvrant 78700 jours**  
**(U = 0)**

<u>Demi-grand axe (a)</u>	$414\,103\,605,887\,423\,685\,8$ $4\,\text{km}^{\frac{1}{2}}$ (2,768 134 2 ua)
<u>Périhélie (q)</u>	$381,419\,582 \times 10^6\,\text{km}^{\frac{1}{2}}$ (2,558 572 5 ua)
<u>Aphélie (Q)</u>	$447,838\,164 \times 10^6\,\text{km}^{\frac{1}{2}}$ (2,978 ua)
<u>Excentricité (e)</u>	$0,075\,705\,1^{\frac{1}{2}}$
<u>Période de révolution (P<sub>rév</sub>)</u>	$1\,679,819\,\text{j}^{\frac{1}{2}}$ (4,61 a)
<u>Vitesse orbitale moyenne (v<sub>orb</sub>)</u>	17,882 km/s
<u>Moyen mouvement (n)</u>	$0,214\,004\,60^{\circ}/\text{j}^{\frac{1}{2}}$
<u>Inclinaison (i)</u>	$10,591\,70^{\circ}$
<u>Longitude du nœud ascendant (Ω)</u>	$80,314\,27^{\circ}$
<u>Argument du périhélie (ω)</u>	$72,814\,71^{\circ}$
<u>Anomalie moyenne (M<sub>0</sub>)</u>	$224,095\,38^{\circ}$

n'ont pas découvert Cérès, ils trouvèrent néanmoins plusieurs autres astéroïdes<sup>11</sup>.

Cérès fut observée pour la première fois le 1<sup>er</sup> janvier 1801 par Giuseppe Piazzi<sup>10</sup>, alors directeur de l'observatoire astronomique de Palerme en Sicile. Piazzi découvrit Cérès par accident, alors qu'il cherchait à observer la 87<sup>e</sup> étoile du Catalogue d'étoiles zodiacales de Nicolas-Louis de Lacaille<sup>10</sup>. À la place de cette étoile, aujourd'hui identifiée à HR 1110<sup>12</sup>, Piazzi observa un objet se déplaçant sur la voûte céleste, qu'il prit d'abord pour une comète<sup>13</sup>.

Piazzi observa Cérès 24 fois, la dernière fois le 11 février. Le 24 janvier 1801, Piazzi annonça sa découverte par des lettres à plusieurs collègues italiens, parmi lesquels Barnaba Oriani à Milan. Il la décrivit comme une comète, mais remarqua que « puisque son mouvement est lent et uniforme, il m'a semblé à plusieurs reprises qu'il pourrait s'agir de quelque chose de mieux qu'une comète<sup>10</sup>. » En avril, Piazzi envoya ses observations complètes à Oriani, Bode et Lalande à Paris. Elles furent publiées dans l'édition de septembre 1801 du *Monatliche Correspondenz*<sup>13</sup>.

Peu après sa découverte, Cérès s'approcha trop près du Soleil dans le champ de vision terrestre, et ne put être observée à nouveau ; les autres astronomes ne purent confirmer les observations de Piazzi avant la fin de l'année. Cependant, après une telle durée, il était difficile de prédire la position exacte de Cérès. Afin de retrouver l'astéroïde, Carl Friedrich Gauss développa une méthode de déduction de l'orbite basée sur trois observations<sup>13</sup>. En l'espace de quelques semaines, il prédit celle de Cérès et communiqua ses résultats à Franz Xaver von Zach, éditeur du *Monatliche Correspondenz*. Le 31 décembre 1801, von Zach et Heinrich Olbers confirmèrent que Cérès avait été retrouvée près de la position prévue, validant ainsi la méthode<sup>13</sup>.

## Nom

À l'origine, Piazzi suggéra d'appeler cet objet « Cérès Ferdinandea » (en italien : *Cerere Ferdinandea*), d'après la déesse romaine Cérès et le roi Ferdinand III de Sicile<sup>10,13</sup>. Cérès était la déesse protectrice de la Sicile et Ferdinand III (qui devint Ferdinand I<sup>er</sup> des Deux-Siciles en 1816) était son mécène, alors réfugié à Palerme car le royaume de Naples (dont il était également roi) avait été conquis par les armées françaises en 1798.

Par la suite, pour des considérations diplomatiques, seule la première partie du nom fut conservée. Cérès fut également appelé Héra en Allemagne pendant une brève période<sup>14</sup>. En Grèce, elle est appelée Δήμητρα (Démétra, Déméter), d'après le nom en grec moderne de la déesse grecque équivalente à Cérès. Lorsque le nom « Déméter » fut attribué à son tour à l'astéroïde (1108) Déméter, cela créa un problème dans la langue grecque, qui fut résolu en utilisant le nom en grec ancien pour le nouvel objet : Δημήτηρ (Dēmētēr).

La désignation des planètes mineures implique de donner aux corps dont l'orbite est connue avec certitude un numéro définitif. À Cérès, en tant que premier membre découvert de la ceinture d'astéroïdes, fut rétrospectivement attribué le numéro 1<sup>15</sup>. Sa désignation scientifique officielle complète est donc (1) Cérès<sup>16</sup>, ou éventuellement 1 Cérès. Les premiers astéroïdes découverts possèdent un symbole astronomique et celui de Cérès est un arc de cercle avec une croix pointant vers le bas

<b>Catégorie</b>	Planète naine et astéroïde de la ceinture principale <sup>1</sup>
<b>Satellites connus</b>	0 (sans compter <i>Dawn</i> )
<b>DMIO terrestre</b>	1,591 66 ua
<b>Paramètre de Tisserand (<math>T_J</math>)</b>	3,3 <sup>1</sup>
<b>Caractéristiques physiques</b>	
<b>Dimensions</b>	Rayon volumétrique moyen : (476,2 ± 1,8) km
<b>Rayon équatorial (<math>R_{\text{éq}}</math>)</b>	(487,3 ± 1,8) km <sup>2</sup>
<b>Rayon polaire (<math>R_{\text{pol}}</math>)</b>	(454,7 ± 1,6) km <sup>2</sup>
<b>Aplatissement</b>	0,067 ± 0,005 <sup>a</sup>
<b>Masse (<math>m</math>)</b>	(9,46 ± 0,04) × 10 <sup>20</sup> kg <sup>3,4</sup>
<b>Masse volumique (<math>\rho</math>)</b>	(2 077 ± 36) kg/m <sup>3</sup> <sup>2</sup>
<b>Gravité équatoriale à la surface (g)</b>	0,27 m/s <sup>2</sup> <sup>b</sup>
<b>Vitesse de libération (<math>v_{\text{lib}}</math>)</b>	0,51 km/s <sup>b</sup>
<b>Période de rotation (<math>P_{\text{rot}}</math>)</b>	0,378 1 j <sup>5</sup> (9 h 4 min 27 s)
<b>Ascension droite du pôle nord (<math>\alpha</math>)</b>	19 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> = 291° <sup>2</sup>
<b>Déclinaison du pôle nord (<math>\delta</math>)</b>	59° <sup>2</sup>
<b>Inclinaison de l'axe</b>	~ 3° <sup>2</sup>
<b>Classification spectrale</b>	C <sup>6</sup>
<b>Magnitude absolue (<math>H</math>)</b>	3,36 ± 0,02 <sup>7</sup>
<b>Albédo (<math>A</math>)</b>	0,090 ± 0,003 <sup>7</sup>
<b>Température (<math>T</math>)</b>	~ 167 (moyenne) - ~ 239 (max) K <sup>8</sup>
<b>Atmosphère</b>	Voir atmosphère de Cérès : vapeur d'eau
<b>Découverte</b>	
<b>Date</b>	1 <sup>er</sup> janvier 1801 <sup>1</sup>
<b>Découvert par</b>	Giuseppe Piazzi <sup>1</sup>
<b>Lieu</b>	Palerme <sup>1</sup>
<b>Nommé d'après</b>	Cérès (déesse romaine)
<b>Désignation</b>	A801 AA, 1899 OF, 1943 XB <sup>9</sup>

et représentant une faucille, rappelant le fait qu'elle tire son nom de celui d'une déesse de l'agriculture : ȝ ȝ. En codage informatique des caractères, ce symbole est présent dans la table Symboles divers du standard Unicode au code 26B3 depuis mars 2008 (Unicode 5.1.0).

L'élément chimique cérium (numéro atomique 58) fut découvert en 1803 par Berzelius et Klaproth, travaillant indépendamment. Berzelius le nomma d'après l'astéroïde<sup>18</sup>. Le palladium fut également nommé d'après Cérès à l'origine, mais son découvreur changea son nom après que le cérium eut son nom définitif<sup>19</sup>; le palladium fait référence à un autre astéroïde, Pallas<sup>20</sup>.

## Statut

La classification de Cérès a changé plus d'une fois et a été le sujet de controverses. Johann Elert Bode pensait que Cérès était la « planète manquante » dont il avait postulé l'existence entre Mars et Jupiter, à une distance de 2,8 UA du Soleil<sup>10</sup>. Il lui fut attribué un symbole planétaire et Cérès demeura listé comme planète dans les livres et tables d'astronomie (avec Pallas, Junon et Vesta) pendant un demi-siècle jusqu'à ce que d'autres astéroïdes soient découverts<sup>10, 13</sup>.

Au fur et à mesure que de nombreux autres objets furent découverts dans la région, les astronomes réalisèrent que Cérès n'était que le premier d'une classe de corps similaires<sup>10</sup>. Ils se révélèrent très petits, ne présentant aucun disque observable, et William Herschel inventa en 1802 le terme d'« astéroïde » (c'est-à-dire « ressemblant à une étoile ») afin de les désigner<sup>21</sup>, écrivant qu'« ils ressemblent tellement à de petites étoiles qu'il est difficile de faire la différence, même avec de très bons télescopes »<sup>c</sup>. Cérès étant le premier astéroïde découvert, il fut désigné par (1) Cérès dans le système moderne de numérotation des astéroïdes dans les années 1850<sup>21</sup>.

En 2006, le débat concernant le statut de Pluton et la définition du terme planète conduisit à reconSIDÉRER le statut de Cérès<sup>23, 24</sup>. L'une des propositions de définitions présentées devant l'Union astronomique internationale pour la définition d'une planète (un corps en équilibre hydrostatique en orbite autour d'une étoile et n'étant ni une étoile, ni un satellite d'une planète)<sup>25</sup> aurait fait de Cérès la cinquième planète à partir du Soleil<sup>26</sup>. Cette définition ne fut pas adoptée. La définition finale fut annoncée le 24 août 2006, ajoutant qu'une planète devait avoir « nettoyé son voisinage ». Cérès fut alors catégorisé comme planète naine<sup>27</sup>.



Photomontage illustrant les tailles respectives de la Terre (planète, à droite), de la Lune (gros satellite naturel, en haut à gauche) et de Cérès (astéroïde et planète naine, en bas à gauche).

## Caractéristiques physiques

### Origine et évolution

Les observations de la sonde Dawn suggèrent que Cérès s'est formée au-delà de Neptune il y a 4,57 milliards d'années avant d'être éjectée de son orbite primordiale par la Grande Migration planétaire pour se stabiliser dans la ceinture d'astéroïdes<sup>28</sup>. Dans la ceinture d'astéroïdes, Pallas et Vesta pourraient également être d'anciennes protoplanètes<sup>29</sup> mais ne possèdent pas une forme sphérique — dans le cas de Vesta, cette difformité pourrait être principalement due à un impact majeur après son accrédition<sup>30</sup>. Il se peut que (243) Ida, un autre corps de la ceinture d'astéroïdes, ait une origine identique [réf. nécessaire].

Peu après sa formation, Cérès s'est différenciée entre un noyau rocheux et un manteau de glace, en raison de l'échauffement provoqué par l'accrétion et peut-être par la désintégration de radioisotopes disparus depuis lors, comme <sup>26</sup>Al<sup>7, 31</sup>. Ce processus provoqua un volcanisme d'eau et une tectonique, qui firent disparaître de nombreuses caractéristiques géologiques. Cependant, Cérès se refroidit par la suite en raison de l'épuisement rapide des sources de chaleur<sup>31</sup>. La glace de la surface s'est graduellement sublimée, laissant derrière elle divers minéraux hydratés : argile et carbonates. Cérès est désormais un corps géologiquement mort dont la surface n'est plus sculptée que par des impacts<sup>7</sup>.

L'existence de quantités significatives de glace d'eau dans Cérès<sup>2</sup> a soulevé la possibilité d'une couche d'eau liquide (éventuellement déjà solidifiée)<sup>31</sup>. Cette couche hypothétique, parfois appelée un océan<sup>6</sup>, est - ou était - probablement située entre le noyau et le manteau de glace comme sur Europe<sup>31</sup>. L'existence d'un océan est plus probable si de l'ammoniac ou d'autres substances dissoutes (comme des sels) agissant comme antigel, sont présentes dans l'eau. L'existence possible d'eau liquide dans Cérès en fait une cible potentielle des recherches de vie extraterrestre<sup>32</sup>.

## Orbite

Cérès est située sur une orbite héliocentrique entre Mars et Jupiter, au sein de la ceinture d'astéroïdes principale. Sa période est de 4,6 ans. Son orbite est modérément inclinée ( $10,6^\circ$  par rapport au plan de l'écliptique, à comparer à  $7^\circ$  pour Mercure et  $17^\circ$  pour Pluton) et faiblement excentrique (0,08, celle de Mars vaut 0,09)<sup>33</sup>. Les observations effectuées par Hubble en 2003-2004 permirent de déterminer que le pôle Nord de Cérès pointe (à  $5^\circ$  près) dans la direction d'ascension droite  $19^h\ 41^m$  et de déclinaison  $+59^\circ$ , dans la constellation du Dragon; l'inclinaison de l'axe de Cérès est très faible (environ  $4 \pm 5^\circ$ )<sup>2,7</sup>.

La distance moyenne au Soleil est de 2,983 unités astronomiques.

Par le passé, Cérès était considéré comme membre d'une famille d'astéroïdes<sup>34</sup>, un regroupement d'astéroïdes qui partagent des éléments orbitaux similaires et peuvent avoir une origine commune (par exemple, à la suite d'une collision). Cérès possède cependant des propriétés spectrales distinctes des autres membres de cette famille et ce regroupement est désormais appelé famille de Gefion, d'après son membre possédant le numéro le plus petit, (1272) Gefion. Cérès est simplement un intrus dans cette famille, partageant des éléments orbitaux mais pas une origine commune<sup>35</sup>.

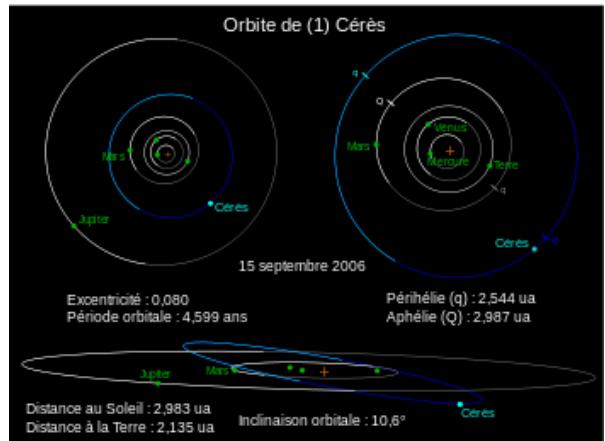


Diagramme illustrant les orbites de Cérès (en bleu) et de plusieurs planètes (en blanc et en gris). Les segments d'orbite de couleur foncée sont situés en dessous du plan de l'écliptique. Les deux diagrammes du haut sont des vues polaires, celui du bas est une vue en perspective.

## Masse et dimensions



Photomontage permettant de comparer les tailles respectives de Cérès (à gauche) et de la Lune (à droite).

Avec 950 km de diamètre, Cérès est de loin le plus grand objet de la ceinture d'astéroïdes (le plus grand après Cérès est Vesta, qui mesure un peu moins de 600 km dans sa plus grande dimension)<sup>6</sup>. C'est en revanche la plus petite et la moins massive des planètes naines officiellement reconnue.

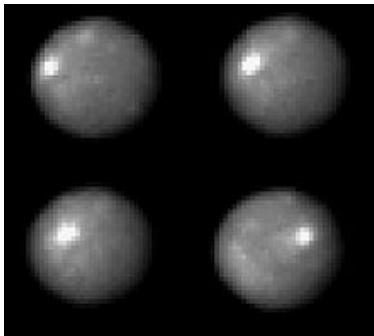
La masse de Cérès a été déterminée en analysant son influence sur de petits astéroïdes<sup>4</sup>. Cette valeur diffère cependant suivant les auteurs<sup>36</sup>. La valeur la plus souvent citée est d'environ  $9,5 \times 10^{20} \text{ kg}^4$ , soit 950 millions de milliards de tonnes. La masse de Cérès forme donc environ le tiers<sup>4</sup> de la masse totale estimée de tous les astéroïdes de la ceinture principale,  $(3,0 \pm 0,2) \times 10^{21} \text{ kg}^3$ .

Cérès a une taille et une masse suffisantes pour être proche de l'équilibre hydrostatique et est donc de forme quasi-sphérique<sup>2</sup>. Les autres grands astéroïdes tels que Pallas<sup>37</sup>, Junon<sup>38</sup> et Vesta<sup>30</sup> sont nettement plus irréguliers.

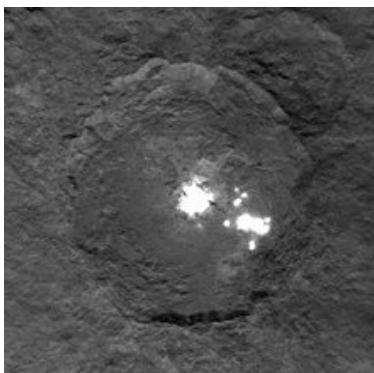
La pesanteur à la surface de Cérès est estimée à 3 % de celle à la surface de la Terre, soit une accélération de la gravité de  $30 \text{ cm s}^{-2}$  (un corps qui chute à la surface de Cérès accélère de 30 cm/s à chaque seconde)<sup>39</sup>.

## Géologie

La composition de la surface de Cérès est largement similaire, mais pas identique, à celle des astéroïdes de type C<sup>6</sup>. Le spectre infrarouge de Cérès fait apparaître des matériaux hydratés qui indiquent la présence de quantités significatives d'eau à l'intérieur de l'objet. Parmi les autres possibles constituants de la surface, il y aurait de l'argile riche en fer (cronstedtite) et des composés carbonatés (dolomite et sidérite), minéraux courants dans les météorites chondrites carbonées<sup>6</sup>. Les caractéristiques spectrales des carbonates et de l'argile sont généralement absentes du spectre des autres astéroïdes de type C<sup>6</sup>. Cérès est parfois classifié comme un astéroïde de type G<sup>40</sup>.



Photographies de Cérès prises par le télescope spatial *Hubble* en 2005 avec une résolution d'environ 30 km. La première image (en haut à gauche) est séparée de 2 h 20 min de la dernière (en bas à droite) ; Cérès a ainsi effectué un quart de révolution au cours des quatre images. La nature des taches claires, a intrigué les géologues, même lorsque la sonde *Dawn* s'est approchée de Cérès (cliché ci-dessous).



Le cratère Occator photographié par *Dawn* à 4 400 km le 6 juin 2015. Selon les scientifiques de l'Institut Max Planck, les taches claires correspondent à d'anciens geysers ou de l'eau sublimée.

(120 km de diamètre, typique pour son sol fracturé), Ikapati (50 km de diamètre) et Haulani (30 km de diamètre), dont les survols sont reconstitués dans un film réalisé par la NASA en images de synthèse<sup>52</sup>.

Peter Thomas de l'Université Cornell a émis l'hypothèse selon laquelle l'intérieur de Cérès est différencié<sup>2</sup>. Son aplatissement semble trop faible pour un corps indifférencié, ce qui indique qu'il est constitué d'un noyau rocheux entouré d'un manteau glacé<sup>2</sup>. Ce manteau, d'une épaisseur de 60 à 120 km, pourrait contenir 200 000 000 km<sup>3</sup> d'eau (16 à 26 % de la masse de Cérès), soit plus que la totalité de l'eau douce sur Terre (environ 35 millions de km<sup>3</sup>)<sup>53</sup>.

Deux études en 2018, à partir d'analyses en spectrométrie visuelle et infra-rouge de la sonde Dawn, ont confirmé que Cérès était un corps actif aussi bien d'un point de vue géologique que chimique<sup>54</sup> :

- des variations à très court terme des quantités de glace d'eau, en particulier sur les parois du cratère Juling, ont été observées entre avril et octobre 2016<sup>55</sup> ;
- par ailleurs, des changements récents de la topographie de l'astéroïde sont prouvés par l'identification de plusieurs zones où des carbonates hydratés sont exposés en surface, alors que ceux-ci devraient se déshydrater assez rapidement<sup>56</sup>.

La cartographie opérée dans le visible et l'infrarouge par le spectromètre à bord de *Dawn* a révélé la présence d'un pic d'absorption vers 3,4 μm. Ce pic, qui est caractéristique de la matière organique aliphatique, est principalement observable dans une région d'environ 1 000 km<sup>2</sup>, à proximité du cratère Ernutet. La présence sur Cérès de minéraux hydratés contenant de l'ammoniac, de la glace d'eau, des carbonates, des sels et de la matière organique indique un environnement chimique très complexe, éventuellement favorable à la chimie prébiotique<sup>41,42</sup>.

La surface de Cérès est relativement chaude. La température diurne maximale fut estimée à 235 K (environ -38 °C) le 5 mai 1991<sup>8</sup>. En tenant compte de la distance de Cérès au Soleil lors de cette mesure, il fut possible d'estimer que la température maximale est d'environ 239 K (environ -34 °C) au périhélie. Quelques indices laissent à penser que Cérès possède une atmosphère ténue et du givre<sup>43</sup>. Des observations dans l'ultraviolet effectuées par le télescope *International Ultraviolet Explorer* (IUE) ont détecté de la vapeur d'eau près du pôle nord<sup>43</sup>.

Il existe divers points singuliers de nature incertaine à la surface de Cérès<sup>44</sup>. Les photographies ultraviolettes en haute résolution prises par le télescope spatial *Hubble* en 1995 montrèrent un point sombre sur sa surface, qui fut surnommé « Piazzi » en l'honneur du découvreur de Cérès<sup>40</sup> et dont on pensait qu'il s'agissait d'un cratère. Des images ultérieures, prises en plus haute résolution par le télescope Keck par optique adaptative sur une rotation complète, ne montrèrent aucun signe de « Piazzi »<sup>45</sup>. Cependant, deux zones sombres semblaient se déplacer avec la rotation de la planète naine, l'une d'entre elles possédant une région centrale brillante. Les scientifiques ont émis l'hypothèse qu'il s'agit également de cratères. Les images les plus récentes, prises par Hubble en lumière visible en 2003 et 2004, mettent en évidence onze points singuliers de nature inconnue à la surface de Cérès<sup>7,46</sup>. L'une de ces zones correspond à « Piazzi »<sup>7</sup>. Les zones de faible albédo observées par Keck n'ont pas pu être identifiées sur ces images<sup>45</sup>. En 2014, des images de geysers sont confirmées par l'observatoire spatial *Herschel* de l'Agence spatiale européenne<sup>47</sup>.

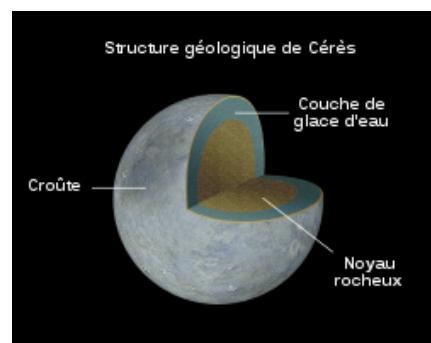


Diagramme illustrant la structure géologique de Cérès.

Autres curiosités découvertes par la sonde Dawn en 2015 : le mont Ahuna, une montagne de forme conique et d'environ 6 000 mètres d'altitude<sup>48</sup> et surtout de mystérieuses taches claires au fond de différents cratères, dont les plus spectaculaires sont celles du cratère Occator, large de 90 km<sup>49,50</sup> et que l'on retrouve également sur le cratère Kupalo (26 km de diamètre), photographié le 21 décembre 2015 à 385 km d'altitude<sup>51</sup>. Parmi les autres cratères particulièrement étudiés : Yalode (270 km de diamètre), Urvara (en) (160 km de diamètre), Dantu

(120 km de diamètre, typique pour son sol fracturé), Ikapati (50 km de diamètre) et Haulani (30 km de diamètre), dont les survols sont reconstitués dans un film réalisé par la NASA en images de synthèse<sup>52</sup>.

Peter Thomas de l'Université Cornell a émis l'hypothèse selon laquelle l'intérieur de Cérès est différencié<sup>2</sup>. Son aplatissement semble trop faible pour un corps indifférencié, ce qui indique qu'il est constitué d'un noyau rocheux entouré d'un manteau glacé<sup>2</sup>. Ce manteau, d'une épaisseur de 60 à 120 km, pourrait contenir 200 000 000 km<sup>3</sup> d'eau (16 à 26 % de la masse de Cérès), soit plus que la totalité de l'eau douce sur Terre (environ 35 millions de km<sup>3</sup>)<sup>53</sup>.

Fin 2018, une étude également étayée par la sonde Dawn a montré que la croûte de Cérès est extrêmement riche en carbone, celui-ci représentant 20 % en masse des roches de la surface<sup>57</sup>.

## Atmosphère

Le 22 janvier 2014, l'Agence spatiale européenne a annoncé la première détection de vapeur d'eau dans l'atmosphère de Cérès<sup>43</sup>. Ceci a été largement confirmé en mars 2018 par les observations de la sonde Dawn<sup>58</sup>.

## Observation depuis la Terre

Lorsque Cérès est en opposition à proximité de son périhélie, elle peut atteindre une magnitude apparente de 6,7<sup>59</sup>. On considère généralement que cette valeur est trop faible pour que l'objet soit visible à l'œil nu, mais il est néanmoins possible pour une personne dotée d'une excellente vue et dans des conditions d'observation exceptionnelles de percevoir la planète naine. Les seuls astéroïdes pouvant atteindre une telle magnitude sont Vesta et, pendant de rares oppositions à leur périhélie, Pallas et Iris<sup>60</sup>. Au maximum de sa luminosité, Cérès n'est pas l'astéroïde le plus brillant ; Vesta peut atteindre la magnitude 5,4, la dernière fois en mai et juin 2007<sup>61</sup>. Aux conjonctions, Cérès atteint la magnitude de 9,3, ce qui correspond aux objets les moins lumineux qui puissent être visibles à l'aide de jumelles 10×50. La planète naine peut donc être vue aux jumelles dès qu'elle est au-dessus de l'horizon par une nuit noire. Pallas et Iris sont invisibles aux jumelles par de petites élongations<sup>59</sup>.

Le tableau suivant résume les phases d'observabilité de Cérès entre 2006 et 2017.

Début rétrogradation	Opposition			Fin rétrogradation	Conjonction
	Date	Distance (UA)	Magnitude		
26 juin 2006	12 août 2006	1,983	7,6	27 novembre 2006	22 mars 2007
20 septembre 2007	9 novembre 2007	1,837	7,2	1 <sup>er</sup> janvier 2008	28 juin 2008
17 janvier 2009	24 février 2009	1,585	6,9	16 avril 2009	31 octobre 2009
28 avril 2010	18 juin 2010	1,820	7,0	9 août 2010	30 janvier 2011
31 juillet 2011	16 septembre 2011	1,992	7,7	12 novembre 2011	26 avril 2012
30 octobre 2012	17 décembre 2012	1,688	6,7	4 février 2013	17 août 2013
1 <sup>er</sup> mars 2014	15 avril 2014	1,633	7,0	7 juin 2014	10 décembre 2014
6 juin 2015	25 juillet 2015	1,943	7,5	16 septembre 2015	3 mars 2016
1 <sup>er</sup> septembre 2016	20 octobre 2016	1,908	7,4	15 décembre 2016	5 juin 2017

Les événements suivants figurent parmi les principales observations de Cérès :

- Une occultation d'une étoile par Cérès a été observée au Mexique, en Floride et à travers les Antilles le 13 novembre 1984<sup>62</sup> ;
- Des images dans l'ultraviolet ont été prises par le télescope spatial Hubble en 1995, avec une résolution de 50 km<sup>63,40</sup> ;
- Des images dans l'infrarouge d'une résolution de 30 km, prises par le télescope Keck en 2002 à l'aide d'une optique adaptative<sup>45</sup> ;
- En novembre 2007, la meilleure résolution était issue d'images en lumière visible prises en 2003/2004. Leurs résolutions étaient de 30 km. Elles ont été prises par Hubble<sup>46,7</sup>.

## Exploration par la sonde Dawn

Cérès constitue le deuxième objectif de la sonde *Dawn*, après l'astéroïde Vesta. Parmi les instruments, la sonde compte une caméra, un spectromètre dans l'infrarouge et le visible, ainsi qu'un détecteur de rayons gamma et de neutrons. Ils servent à examiner la forme de la planète naine et ses différents éléments<sup>29</sup>. Lancée en septembre 2007, la sonde tourne autour de Vesta de juillet 2011 à septembre 2012, puis elle est dirigée vers Cérès, autour de laquelle elle est mise en orbite le 6 mars 2015, à une altitude de 61 000 km<sup>64</sup>. Par la suite, son orbite est rabaisée à trois reprises en 2015<sup>65,66</sup>.

Le 9 mai 2015, son système de propulsion ionique est rallumé afin de rabaisser son orbite à 4 400 km, altitude qu'elle a atteint le 6 juin. La sonde envoie des photographies d'un relief de 5–6 km d'altitude et de forme conique (et non pyramidale comme il a été écrit<sup>67</sup>). Les images sont diffusées par la NASA quelques jours plus tard.

Début août 2015, l'altitude est abaissée à 1 470 km et de nouvelles photographies<sup>68</sup> sont envoyées le 19<sup>69</sup>. Début décembre 2015, Dawn réduit encore sa distance, jusqu'à atteindre l'altitude de 385 km le 8<sup>70</sup>. Les images envoyées depuis sont d'une précision inégalée<sup>71</sup>.

En octobre 2017, la NASA annonce que Dawn devrait se rapprocher à une orbite inférieure à 200 km<sup>72</sup>, altitude qu'elle conserve jusqu'à l'épuisement de son carburant le 31 octobre 2018. Dawn est depuis un satellite passif de Cérès<sup>72,29,73,74</sup>.



Vue d'artiste de la mission spatiale *Dawn* destinée à visiter Vesta (à gauche) et Cérès (à droite).

En mars 2018, de nouvelles conclusions sont publiées sur la base de données obtenues par Dawn d'avril à octobre 2016<sup>78</sup>. Elles montrent que Cérès a une structure plus complexe que prévu, et surtout qu'il s'agit d'une planète naine encore très active avec une croissance de l'épaisseur de la glace sur les murs de cratère<sup>75, 76</sup>. C'est la première fois qu'une évolution de la surface de Cérès est mise en évidence.

## Galerie



Une face de Cérès, vue par Dawn le 19 février 2015 à environ 46 000 km de distance.

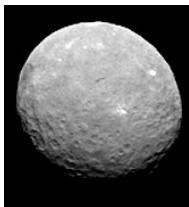
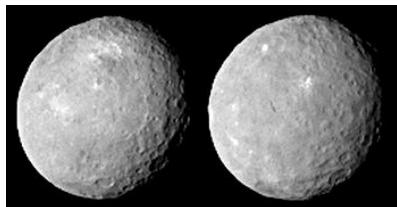
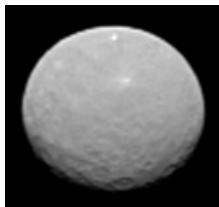


Photo de Cérès prise par Dawn le 12 février 2015. Au moment de sa capture, cette image faisait partie d'une série d'images de Cérès à la plus haute résolution alors atteinte.



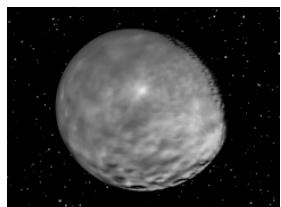
Cérès vue par Dawn le 12 février 2015, à seulement 83 000 kilomètres de distance.



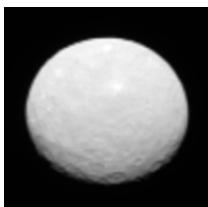
Cérès par Dawn le 4 février 2015, à seulement 145 000 kilomètres de la surface de l'astéroïde. La résolution est de 14 kilomètres par pixel.



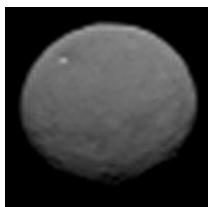
Cérès par Dawn le 4 février 2015.



Vidéo animée composite, avec contraste renforcé, de Cérès par Dawn le 4 février 2015.



Vidéo animée composite de Cérès par Dawn le 4 février 2015.



Cérès par Dawn le 25 janvier 2015, à 237 000 kilomètres de distance<sup>77</sup>. La résolution de l'image est 30 % supérieure à celle de Hubble en 2003/4<sup>77</sup>.



Vidéo animée composite de Cérès par Dawn le 13 janvier 2015<sup>78, 79</sup>.

## Cérès dans la culture

- Dans la série littéraire *Asteroid Wars* ([en](#)) écrite par Ben Bova, une petite base minière est établie sur Cérès.
- Le roman court *Cérès et Vesta* écrit par Greg Egan se déroule en parallèle sur Cérès et Vesta qui ont été colonisés et sont habités par des êtres humains.

- Dans la série littéraire *The Expanse* écrite par James S. A. Corey, Cérès est la plus grande colonie humaine de la ceinture d'astéroïdes, habitée par six millions de personnes.

## Notes et références

---

- (en) Cet article est partiellement ou en totalité issu de l'article de Wikipédia en anglais intitulé « [\(1\) Ceres](#) ([https://en.wikipedia.org/wiki/\(1\)\\_Ceres?oldid=179546417](https://en.wikipedia.org/wiki/(1)_Ceres?oldid=179546417)) » (voir la liste des auteurs ([https://en.wikipedia.org/wiki/\(1\)\\_Ceres?action=history](https://en.wikipedia.org/wiki/(1)_Ceres?action=history))).

### Notes

- Calculé à partir des dimensions connues.
- Données calculées à partir des paramètres connus.
- Traduction libre de : *They resemble small stars so much as hardly to be distinguished from them, even by very good telescopes*<sup>22</sup>.

### Références

1. [MPC](#).
2. P.C Thomas, J.Wm. Parker, L.A. McFadden et al, « Differentiation of the asteroid Ceres as revealed by its shape », *Nature*, vol. 437, 2005, p. 224-226  
(DOI [10.1038/nature03938](https://doi.org/10.1038/nature03938) (<https://dx.doi.org/10.1038/nature03938>), lire en ligne (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2005Natur.437..224T>), consulté le 9 décembre 2007).
3. (en) E. V. Pitjeva, « High-Precision Ephemerides of Planets — EPM and Determination of Some Astronomical Constants », *Solar System Research*, vol. 39, n° 3, 2005, p. 176  
(DOI [10.1007/s11208-005-0033-2](https://doi.org/10.1007/s11208-005-0033-2) (<https://dx.doi.org/10.1007/s11208-005-0033-2>) « Bibliographic Code: 2005SoSyR..39..176P » (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2005SoSyR..39..176P>), sur [ADS](#).
4. G. Michalak, « Determination of asteroid masses », *Astronomy and Astrophysics*, vol. 360, août 2002, p. 363-374. « Bibliographic Code: 2000A&A...360..363M » (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2000A&A...360..363M>), sur [ADS](#).
5. (en) Matthew A. Chamberlain, Mark V. Sykes et Gilbert A. Esquerdo, « Ceres lightcurve analysis—Period determination », *Icarus*, vol. 188, 2007, p. 451-456  
(DOI [10.1016/j.icarus.2006.11.025](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2006.11.025) (<https://dx.doi.org/10.1016/j.icarus.2006.11.025>)). « Bibliographic Code: 2007Icar..188..451C » (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2007Icar..188..451C>), sur [ADS](#).
6. (en) {{1}}, « The surface composition of Ceres:Discovery of carbonates and iron-rich clays », *Icarus*, vol. 185, décembre 2006, p. 563-567  
(DOI [10.1016/j.icarus.2006.08.022](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2006.08.022) (<https://dx.doi.org/10.1016/j.icarus.2006.08.022>), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2006Icar..185..563R](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2006Icar..185..563R))).
7. (en) J.-Y. Li, L. A. McFadden, J. W. Parker, « Photometric analysis of 1 Ceres and surface mapping from HST observations », *Icarus*, vol. 182, 52006, p. 143-160  
(DOI [10.1016/j.icarus.2005.12.012](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2005.12.012) (<https://dx.doi.org/10.1016/j.icarus.2005.12.012>), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2006Icar..182..143L](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2006Icar..182..143L))).
8. (en) O. Saint-Pé, N. Combes et F. Rigaut, « Ceres surface properties by high-resolution imaging from Earth », *Icarus*, vol. 105, n° 2, octobre 1993, p. 271-281  
(DOI [10.1006/icar.1993.1125](https://doi.org/10.1006/icar.1993.1125) (<https://dx.doi.org/10.1006/icar.1993.1125>)). « Bibliographic Code: 1993Icar..105..271S » (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1993Icar..105..271S>), sur [ADS](#).
9. (en) « (1) Ceres = 1899 OF = 1943 XB » ([http://www.minorplanetcenter.net/db\\_search/show\\_object?object\\_id=1](http://www.minorplanetcenter.net/db_search/show_object?object_id=1)), sur [Centre des planètes mineures](#) (consulté le 4 juin 2021).
10. M. Hoskin, « *Bodes' Law and the Discovery of Ceres* » (<http://www.astropa.unipa.it/HISTORY/hoskin.html>), Observatorio Astronomico di Palermo "Giuseppe S. Vaiana", 26 juin 1992 (consulté le 11 novembre 2007).
11. (en) H. S. Hogg, « The Titius-Bode Law and the Discovery of Ceres », *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, vol. 242, octobre 1948, p. 241-246 (résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=1948JRASC..42..241S](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=1948JRASC..42..241S))).
12. (en) *La Caille's catalogue of zodiacal stars*, #87 (<http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-5?-ref=VIZ54e50b3d1c84&-out.add=.&-source=J/A%2bA/567/A26/lacaizod&recno=87>), sur [VizieR](#) (<http://vizier.u-strasbg.fr/>).
13. (en) E. G. Forbes, « Gauss and the Discovery of Ceres », *Journal for the History of Astronomy*, vol. 2, 1971, p. 195-199 (DOI [10.1177/002182867100200305](https://doi.org/10.1177/002182867100200305) (<https://dx.doi.org/10.1177/002182867100200305>)), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=1971JHA.....2..195F](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=1971JHA.....2..195F))).

14. G. Foderà Serio, A. Manara, P. Sicoli, *Asteroids III*, Tucson, Arizona, University of Arizona Press, 2002, 17-24 p. ([lire en ligne](http://www.lpi.usra.edu/books/AsteroidsIII/pdf/3027.pdf) (<http://www.lpi.usra.edu/books/AsteroidsIII/pdf/3027.pdf>)), « Giuseppe Piazzi and the Discovery of Ceres ».
15. J.L. Hilton, « Discovery of the Asteroids » (<http://aa.usno.navy.mil/faq/docs/minorplanets.php>), U.S. Naval Observatory (consulté le 7 novembre 2007).
16. « (1) Ceres » (<https://www.minorplanetcenter.net/iau/Ephemerides/Bright/2007/00001.html>), Minor Planet Center (consulté le 7 novembre 2007).
17. (en) B.A. Gould, « On the symbolic notation of the asteroids », *The Astronomical Journal*, vol. 2, n° 34, 1852, p. 80 (DOI 10.1086/100212 (<https://dx.doi.org/10.1086/100212>), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=1852AJ.....2...80G](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=1852AJ.....2...80G))).
18. « Cerium: historical information » (<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ce/hist.html>), Adaptive Optics (consulté le 11 novembre 2007).
19. « History of palladium, *palladiumcoins.org* » (<http://www.palladiumcoins.com/history3.html>).
20. « Palladium: historical information » (<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Pd/hist.html>), Adaptive Optics (consulté le 11 novembre 2007).
21. J. L. Hilton, « When Did the Asteroids Become Minor Planets? » (<http://aa.usno.navy.mil/faq/docs/minorplanets.php>), 17 septembre 2001 (consulté le 11 novembre 2007).
22. (en) W. Herschel, « Observations on the two lately discovered celestial Bodies », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 92, 6 mai 1802, p. 213-232 (résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=1802RSPT...92..213H](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=1802RSPT...92..213H)), lire en ligne (<http://links.jstor.org/sici?doi=0261-0523%281802%299%23C213%3AOOTTLD%3E2.0.CO%3B2-R>)).
23. S. Battersby, « Planet debate: Proposed new definitions » (<https://www.newscientist.com/article/dn9762>), New Scientist, 16 août 2006 (consulté le 11 novembre 2007).
24. S. Connor, « Solar system to welcome three new planets » ([http://www.nzherald.co.nz/section/story.cfm?c\\_id=5&ObjectID=10396493](http://www.nzherald.co.nz/section/story.cfm?c_id=5&ObjectID=10396493)), The New Zealand Herald, 16 août 2006 (consulté le 11 novembre 2007).
25. Traduction libre de : *a celestial body that (a) has sufficient mass for its self-gravity to overcome rigid body forces so that it assumes a hydrostatic equilibrium (nearly round) shape, and (b) is in orbit around a star, and is neither a star nor a satellite of a planet.* O. Gingerich et al., « The IAU draft definition of "Planet" and "Plutons" » (<http://www.iau.org/iau0601.424.0.html>), Union astronomique internationale, 16 août 2006 (consulté le 11 novembre 2007).
26. « The IAU Draft Definition Of Planets And Plutons » ([http://www.spacedaily.com/reports/The\\_IAU\\_Definition\\_Of\\_Planets\\_And\\_Plutons\\_999.html](http://www.spacedaily.com/reports/The_IAU_Definition_Of_Planets_And_Plutons_999.html)), Space Daily, 16 août 2006 (consulté le 11 novembre 2007).
27. R. Binzel et al., « IAU 2006 General Assembly: Result of the IAU resolution votes » ([http://www.spacedaily.com/reports/The\\_IAU\\_Definition\\_Of\\_Planets\\_And\\_Plutons\\_999.html](http://www.spacedaily.com/reports/The_IAU_Definition_Of_Planets_And_Plutons_999.html)), Union astronomique internationale, 24 août 2006 (consulté le 11 novembre 2007).
28. (en) J.-M. Petit, A. Morbidelli, « The Primordial Excitation and Clearing of the Asteroid Belt », *Icarus*, vol. 153, 2001, p. 338-347 (DOI 10.1006/icar.2001.6702 (<https://dx.doi.org/10.1006/icar.2001.6702>), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2006DPS....38.1315O](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2006DPS....38.1315O))).
29. (en) C. T. Russel, F. Capaccioni, A. Coradini et al., « Dawn Discovery mission to Vesta and Ceres: Present status », *Advances in Space Research*, vol. 38, 2006, p. 2043-2048 (DOI 10.1016/j.asr.2004.12.041 (<https://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2004.12.041>), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2006AdSpR..38.2043R](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2006AdSpR..38.2043R))).
30. (en) P. C. Thomas, R. P. Binzel, M. J. Gaffey et al., « Impact Excavation on Asteroid 4 Vesta: Hubble Space Telescope Results », *Science*, vol. 277, septembre 1997, p. 1492-1495 (DOI 10.1126/science.277.5331.1492 (<https://dx.doi.org/10.1126/science.277.5331.1492>), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=1997Sci...277.1492T](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=1997Sci...277.1492T))).
31. (en) J.C. Castillo-Rogez, T. B. McCord, A.G. Davis, « Ceres: evolution and present state », *Lunar and Planetary Science*, vol. XXXVIII, mars 2007, p. 2006-2007 (résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2007LPI...38.2006C](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2007LPI...38.2006C)), lire en ligne (<http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2007/pdf/2006.pdf>)).
32. B. Moomaw, « Ceres As An Abode Of Life » ([http://archive.wikiwix.com/cache/?url=http://www.spaceblogger.com/reports/Ceres\\_As\\_An\\_Abode\\_Of\\_Life\\_999.html](http://archive.wikiwix.com/cache/?url=http://www.spaceblogger.com/reports/Ceres_As_An_Abode_Of_Life_999.html)), spaceblogger.com, 2 juillet 2007 (consulté le 11 novembre 2007).
33. Ted Bowell, Bruce V., « Asteroid Observing Services » (<http://asteroid.lowell.edu/>), Lowell Observatory +, 2 janvier 2003 (consulté le 17 janvier 2007)
34. A. Cellino et al. "Spectroscopic Properties of Asteroid Families", in *Asteroids III*, p. 633-643, University of Arizona Press (2002). (le tableau page 636, en particulier).
35. (en) M. S. Kelley, M. J. Gaffey, « A Genetic Study of the Ceres (Williams #67) Asteroid Family », *Bulletin of the American Astronomical Society*, vol. 28, septembre 1996, p. 1097 (résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=1996BAAS...28R1097K](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=1996BAAS...28R1097K))).

36. (en) A. Kovacevic, M. Kuzmanoski, M., « A New Determination of the Mass of (1) Ceres », *Earth, Moon, and Planets*, vol. 100, n°s 1-2, avril 2007, p. 117-123  
(DOI 10.1007/s11038-006-9124-4 (<https://dx.doi.org/10.1007/s11038-006-9124-4>), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2007EM&P..100..117K](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2007EM&P..100..117K))).

37. (en) B. Carry, M. Kaasalainen, C. Dumas et al., « Asteroid 2 Pallas Physical Properties from Near-Infrared High-Angular Resolution Imagery », *American Astronomical Society, DPS meeting*, vol. 39, octobre 2007, — (résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2007DPS....39.3008C](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2007DPS....39.3008C)))

38. (en) M. Kaasalainen, J. Torppa, J. Piironen, « Models of Twenty Asteroids from Photometric Data », *Icarus*, vol. 159, octobre 2002, p. 369-395 (DOI 10.1006/icar.2002.6907 (<https://dx.doi.org/10.1006/icar.2002.6907>), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2002Icar..159..369K](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2002Icar..159..369K))).

39. Encyclopédie - Système solaire en chiffres - « LES OBJETS LES PLUS LOURDS DU SYSTÈME SOLAIRE » (<http://www.imcce.fr/langues/fr/grandpublic/systeme/promenade/pages5/571.html>), consulté le 13/07/2008.

40. (en) J. W. Parker, A. S. Stern, P. C. Thomas et al., « Analysis of the first disk-resolved images of Ceres from ultraviolet observations with the Hubble Space Telescope », *The Astrophysical Journal*, vol. 123, janvier 2002, p. 549-557 (DOI 10.1086/338093 (<https://dx.doi.org/10.1086/338093>), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2002AJ....123..549P](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2002AJ....123..549P))).

41. (en) Michael Jüppers, « Dwarf planet Ceres and the ingredients of life », *Science*, vol. 355, n° 6326, 17 février 2017, p. 692-693 (DOI 10.1126/science.aal4765 (<https://dx.doi.org/10.1126/science.aal4765>)).

42. (en) M. C. De Sanctis, E. Ammannito, H. Y. McSween et al., « Localized aliphatic organic material on the surface of Ceres », *Science*, vol. 355, n° 6326, 17 février 2017, p. 719-722  
(DOI 10.1126/science.aaJ2305 (<https://dx.doi.org/10.1126/science.aaJ2305>)).

43. (en) A'Hearn, Michael F.; Feldman, Paul D., « Water vaporization on Ceres », *Icarus*, vol. 98, n° 1, juillet 1992, p. 54-60 (DOI 10.1016/0019-1035(92)90206-M (<https://dx.doi.org/10.1016/0019-1035%2892%2990206-M>), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=1992Icar...98..54A](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=1992Icar...98..54A))).

44. Manon Gabriel, « Deux mystérieux points lumineux repérés sur une lointaine planète » ([https://www.huffingtonpost.fr/2015/02/26/sonde-dawn-planete-ceres-point-lumineux-science-espace-planete-nasa\\_n\\_6758418.html](https://www.huffingtonpost.fr/2015/02/26/sonde-dawn-planete-ceres-point-lumineux-science-espace-planete-nasa_n_6758418.html)), sur *Le HuffPost*, 26 février 2015 (consulté le 22 juin 2021)

45. « Keck Adaptive Optics Images the Dwarf Planet Ceres » ([http://www.adaptiveoptics.org/News\\_1006\\_2.html](http://www.adaptiveoptics.org/News_1006_2.html)), Adaptive Optics, 11 octobre 2006 (consulté le 11 novembre 2007).

46. « Largest Asteroid May Be 'Mini Planet' with Water Ice » (<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/archive/releases/2005/27/>), HubbleSite, 7 septembre 2005 (consulté le 9 novembre 2007).

47. (en) Agence spatiale européenne, « Herschel discovers water vapour around dwarf planet Ceres » ([http://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/Herschel/Herschel\\_discovers\\_water\\_vapour\\_around\\_dwarf\\_planet\\_Ceres](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Herschel/Herschel_discovers_water_vapour_around_dwarf_planet_Ceres)), esa.int, 22 janvier 2013 (consulté le 22 juin 2021).

48. Cérès : la mystérieuse montagne conique survolée par Dawn (<http://www.futura-sciences.com/magazines/espace/infos/actu/d/astronomie-ceres-mysterieuse-montagne-conique-survollee-dawn-59550/>), Jean-Luc Goudet, Futura-Sciences, 28 août 2015.

49. Dawn s'approche des taches blanches de Cérès... et le mystère demeure (<http://www.futura-sciences.com/magazines/espace/infos/actu/d/dawn-dawn-approche-taches-blanches-ceres-mystere-demeure-59718/>), Xavier Demeersman, Futura-Sciences, 12 septembre 2015.

50. Les mystérieuses taches blanches de Cérès : sel ou ammoniac ? (<http://www.futura-sciences.com/magazines/espace/infos/actu/d/dawn-mysterieuses-taches-blanches-ceres-sel-ammoniac-60821/>) Xavier Demeersman, Futura-Sciences, 11 décembre 2015.

51. Sur Cérès, le cratère Kupalo brille aussi (<http://www.cieletespace.fr/node/20397>), David Fossé, *Ciel et Espace*, 12 janvier 2016.

52. Cérès : vol au-dessus d'une planète naine, *Le Monde*, 4 février 2016.

53. B. Carey, « Largest Asteroid Might Contain More Fresh Water than Earth » ([http://space.com/scienceastronomy/050907\\_ceres\\_planet.html](http://space.com/scienceastronomy/050907_ceres_planet.html)), space.com, 7 septembre 2005 (consulté le 10 novembre 2007).

54. (en) « Dwarf Planet Ceres Continues to Evolve and Change » (<http://www.sci-news.com/space/ceres-change-05823.html>), sur <http://www.sci-news.com>, 16 mars 2018 (consulté le 17 mars 2018).

55. (en) Andrea Raponi et al. 2018. Variations in the amount of water ice on Ceres' surface suggest a seasonal water cycle. *Science Advances* 4 (3): eaao3757; doi: 10.1126/sciadv.aao3757

56. (en) Filippo Giacomo Carrozzo et al. 2018. Nature, formation, and distribution of carbonates on Ceres. *Science Advances* 4 (3): e1701645; doi: 10.1126/sciadv.1701645

57. (en) Simone Marchi et al., « An aqueously altered carbon-rich Ceres », *Nature Astronomy*, 10 décembre 2018 (lire en ligne (<https://doi.org/10.1038/s41550-018-0656-0>)).

58. (en) Filippo Giacomo Carrozzo, Maria Cristina De Sanctis, Andrea Raponi et Eleonora Ammannito, « Nature, formation, and distribution of carbonates on Ceres », *Science Advances*, vol. 4, n° 3, 1<sup>er</sup> mars 2018, e1701645 (ISSN 2375-2548 (<https://portal.issn.org/resource/issn/2375-2548>), DOI 10.1126/sciadv.1701645 (<https://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1701645>), lire en ligne (<http://advances.sciencemag.org/content/4/3/e1701645>), consulté le 8 avril 2018).

59. D. H. Menzel, J. M. Pasachoff, *A Field Guide to the Stars and Planets*, Boston, MA, Houghton Mifflin, 1983, 391 p. (ISBN 0-395-34835-8).

60. P. Martinez, *The Observer's Guide to Astronomy*, Cambridge University Press, 1994, 298 p..

61. G. Bryant, « See Vesta at Its Brightest! » (<http://www.skyandtelescope.com/observing/home/7297386.html>), Sky & Telescope, 2 mai 2007 (consulté le 11 novembre 2007).

62. (en) L. R. Millis, L. H. Wasserman, O. Z. Franz *et al.*, « The size, shape, density, and albedo of Ceres from its occultation of BD+8 deg 471 », *Icarus*, vol. 72, décembre 1987, p. 507-518 (DOI 10.1016/0019-1035(87)90048-0 (<https://dx.doi.org/10.1016/0019-1035%2887%2990048-0>), résumé ([http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=1987Icar...72..507M](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=1987Icar...72..507M))).

63. « Observations reveal curiosities on the surface of asteroid Ceres » (<http://www.swri.org/press/ceres.htm>) (consulté le 11 novembre 2007).

64. « La sonde Dawn en orbite autour de Cérès, plus petite planète naine du système solaire » ([https://www.sciencesetavenir.fr/sciences/la-sonde-americaine-dawn-se-rapproche-de-ceres-pour-percer-ses-secrets\\_2679](https://www.sciencesetavenir.fr/sciences/la-sonde-americaine-dawn-se-rapproche-de-ceres-pour-percer-ses-secrets_2679)), sur *Sciences et Avenir*, 6 mars 2015 (consulté le 22 juin 2021)

65. JL Dauvergne, « L'éénigme de Cérès filmée » (<https://www.cieletespace.fr/actualites/l-enigme-de-ceres-filmee>), sur *Ciel & Espace*, 12 mai 2015 (consulté le 22 juin 2021)

66. (en) « Dawn 'Fueled' for Even More Discoveries at Ceres » (<http://www.jpl.nasa.gov/blog/2016/3/dawn-fueled-for-even-more-discoveries-at-ceres>), sur *NASA Jet Propulsion Laboratory, NASA Jet Propulsion Laboratory Blog*, 31 mars 2016 (consulté le 27 avril 2019).

67. « Une mystérieuse pyramide repérée à la surface de Cérès, Léa Esmery, *Maxisciences*, 24 juin 2015 » ([http://www.maxisciences.com/ceres/une-mystérieuse-pyramide-reperée-a-la-surface-de-ceres\\_art35185.html](http://www.maxisciences.com/ceres/une-mystérieuse-pyramide-reperée-a-la-surface-de-ceres_art35185.html)).

68. (en) Tony Greicius, « Dawn Sends Sharper Scenes from Ceres » (<https://www.nasa.gov/jpl/dawn-sends-sharper-scenes-from-ceres>), 24 août 2015.

69. « Le mystère de la pyramide observée sur Cérès bientôt résolu ? » ([https://www.maxisciences.com/ceres/le-my-stere-de-la-pyramide-observee-sur-ceres-bientot-resolu\\_art35777.html](https://www.maxisciences.com/ceres/le-my-stere-de-la-pyramide-observee-sur-ceres-bientot-resolu_art35777.html)).

70. Météo Média. <http://www.meteomedia.com/nouvelles/articles/la-grande-pyramide-de-ceres/52925/>

71. Des images inédites de la planète naine Cérès, rasée de près par Dawn (<http://www.futura-sciences.com/magazines/espace/infos/actu/d/cheres-images-inedites-planete-naine-ceres-rasee-pres-dawn-61028/>), Laurent Sacco, *Futura-Sciences*, 30 décembre 2015.

72. (en) Tony Greicius, « Dawn Mission Extended at Ceres » (<https://www.nasa.gov/feature/jpl/dawn-mission-extended-at-ceres>), sur *NASA*, 19 octobre 2017 (consulté le 8 avril 2018).

73. Joël Ignasse, « La sonde Dawn est devenue un satellite de Cérès » ([https://www.sciencesetavenir.fr/espace/systeme-solaire/la-sonde-dawn-est-devenue-un-satellite-de-ceres\\_101770](https://www.sciencesetavenir.fr/espace/systeme-solaire/la-sonde-dawn-est-devenue-un-satellite-de-ceres_101770)), sur *Sciences et Avenir*, 12 janvier 2016.

74. (en) « NASA's Dawn Mission to Asteroid Belt Comes to End » (<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-s-dawn-mission-to-asteroid-belt-comes-to-end>), sur *nasa.gov*, 1<sup>er</sup> novembre 2018 (consulté le 15 décembre 2019)

75. « La planète naine Cérès abrite un monde plus complexe que prévu », *Sciences et Avenir*, 21 mars 2018 (lire en ligne ([https://www.sciencesetavenir.fr/espace/systeme-solaire/la-planete-naine-ceres-abrite-un-monde-plus-complexe-que-prevu\\_122155](https://www.sciencesetavenir.fr/espace/systeme-solaire/la-planete-naine-ceres-abrite-un-monde-plus-complexe-que-prevu_122155))), consulté le 8 avril 2018).

76. (en-us) « NASA Dawn Reveals Recent Changes in Ceres' Surface - Astrobiology Magazine », *Astrobiology Magazine*, 16 mars 2018 (lire en ligne (<https://www.astrobio.net/also-in-news/nasa-dawn-reveals-recent-changes-ceres-surface/>)), consulté le 8 avril 2018).

77. Tache blanche à la surface de Cérès : on saura bientôt de quoi il s'agit... (<https://www.sciencesetavenir.fr/espace/20150128.OBS1066/la-sonde-dawn-livre-de-nouvelles-images-de-la-planete-naine-ceres.html>), Erwan Lecomte, *Science et Avenir*, 29 janvier 2015.

78. Elizabeth Landau, « Dawn Delivers New Image of Ceres » (<http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2015-023>), *NASA*, 19 janvier 2015 (consulté le 19 janvier 2015).

79. Kenneth Chang, « NASA Spacecraft Get a Closer Look at Dwarf Planets Pluto and Ceres », *The New York Times*, 19 janvier 2015 (lire en ligne (<https://www.nytimes.com/2015/01/20/science/nasa-spacecraft-get-a-close-look-at-pluto-and-ceres-whatever-they-may-be.html>)), consulté le 19 janvier 2015).

## Voir aussi

Sur les autres projets Wikimedia :

	<a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Ceres_(dwarf_planet)?uselang=fr">Cérès (<a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Ceres_(dwarf_planet)?uselang=fr">https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Ceres_(dwarf_planet)?uselang=fr</a>)</a> , sur Wikimedia Commons
	<a href="#">Cérès, sur le Wiktionnaire</a>
	<a href="#">Cérès, sur Wikinews</a>

## Éphémérides

- James L. Hilton, « *U.S. Naval Observatory Ephemerides of the Largest Asteroids* » ([http://aa.usno.navy.mil/publications/reports/asteroid\\_ephemerides.html](http://aa.usno.navy.mil/publications/reports/asteroid_ephemerides.html)) *The Astronomical Journal*, Vol. 117 p. 1077 (1999).
- Donald K. Yeomans, « *Système Horizons* » (<http://ssd.jpl.nasa.gov/?horizons>), NASA JPL (consulté le 20 mars 2007) — Le système Horizons peut être utilisé pour obtenir les éphémérides

## Bibliographie

- (en) David A. Williams, Debra L. Buczkowski, Scott C. Mest, Jennifer E. C. Scully, Thomas Platz et Thomas Kneissl, « The geologic mapping of Ceres », *Icarus*, vol. 316, décembre 2018, p. 1-204 (présentation en ligne ([https://www.sciencedirect.com/journal/icarus/vol/316/suppl/C?dgcid=raven\\_sd\\_via\\_email](https://www.sciencedirect.com/journal/icarus/vol/316/suppl/C?dgcid=raven_sd_via_email))))
- (en) Thomas B. McCord et Francesca Zambon, « The Composition of Ceres », *Icarus*, vol. 318, 15 janvier 2019, p. 1-250 (présentation en ligne ([https://www.sciencedirect.com/journal/icarus/vol/318/suppl/C?dgcid=raven\\_sd\\_via\\_email](https://www.sciencedirect.com/journal/icarus/vol/318/suppl/C?dgcid=raven_sd_via_email))))
- (en) « Composition of dwarf planet Ceres: Constraints from the Dawn spacecraft mission », *Meteoritics & Planetary Science*, vol. 53, n° 9, septembre 2018, i et 1773-2032 (présentation en ligne (<https://onlinelibrary.wiley.com/toc/19455100/2018/53/9>))

## Articles connexes

### Détails de Cérès

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <a href="#">Ahuna Mons</a></li> <li>■ <a href="#">Atmosphère</a></li> <li>■ <a href="#">Caractéristiques géologiques</a></li> <li>■ <a href="#">Colonisation de Cérès</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <a href="#">Cratère Coniraya</a></li> <li>■ <a href="#">Cratère Haulani</a></li> <li>■ <a href="#">Cratère Kerwan</a></li> <li>■ <a href="#">Cratère Occator</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <a href="#">Taches claires</a></li> <li>■ <a href="#">Vendimia Planitia</a></li> <li>■ <a href="#">Cratère Yalode</a></li> </ul>
---	--	---

### Autres

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <a href="#">Astéroïde</a></li> <li>■ <a href="#">Ceinture d'astéroïdes</a></li> <li>■ <a href="#">Liste des plus grands astéroïdes de la ceinture principale</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <a href="#">Liste des planètes mineures (1-1000)</a></li> <li>■ <a href="#">Dawn (sonde spatiale)</a></li> <li>■ <a href="#">Pallas (astéroïde)</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <a href="#">Planète naine</a></li> <li>■ <a href="#">Junon (astéroïde)</a></li> <li>■ <a href="#">Système solaire</a></li> <li>■ <a href="#">Vesta (astéroïde)</a></li> </ul>
--	---	--

## Liens externes

- Ressources relatives à l'astronomie : (en) [Centre des planètes mineures](https://www.minorplanetcenter.net/db_search/show_object?object_id=1) ([https://www.minorplanetcenter.net/db\\_search/show\\_object?object\\_id=1](https://www.minorplanetcenter.net/db_search/show_object?object_id=1)) · (en) [JPL Small-Body Database](https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=2000001) (<https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=2000001>)
- Ressource relative à la littérature : (en) [The Encyclopedia of Science Fiction](https://www.sf-encyclopedia.com/entry/ceres) (<https://www.sf-encyclopedia.com/entry/ceres>)
- Notices dans des dictionnaires ou encyclopédies généralistes : [Britannica](https://www.britannica.com/plate/Ceres-dwarf-planet) (<https://www.britannica.com/plate/Ceres-dwarf-planet>) · [Brockhaus](https://brockhaus.de/ecs/enzy/article/ceres-astronomie) (<https://brockhaus.de/ecs/enzy/article/ceres-astronomie>) · [Gran Enciclopèdia Catalana](https://www.encyclopedia.cat/EC-GEC-0017077.xml) (<https://www.encyclopedia.cat/EC-GEC-0017077.xml>) · [Hrvatska Enciklopedija](https://www.hrvatskaenciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=11275) ([http://www.hrvatskaenciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=11275](https://www.hrvatskaenciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=11275)) · [Store norske leksikon](https://snl.no/Ceres_-_astronomi) ([https://snl.no/Ceres\\_-\\_astronomi](https://snl.no/Ceres_-_astronomi))

- Notices d'autorité : VIAF (<http://viaf.org/viaf/315160626>) · BnF (<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb145208424>) (données (<http://data.bnf.fr/ark:/12148/cb145208424>)) · LCCN (<http://id.loc.gov/authorities/sh85022130>) · GND (<http://d-nb.info/gnd/4742216-6>) · Israël ([http://uli.nli.org.il/F/?func=find-b&local\\_base=NLX10&find\\_code=UID&request=987007284961605171](http://uli.nli.org.il/F/?func=find-b&local_base=NLX10&find_code=UID&request=987007284961605171))
- « Eau : Cérès possible ? » (<https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/eau-ceres-ce-possible>) *La Méthode scientifique*, France Culture, 8 septembre 2020.
- « La planète naine Cérès abriterait de l'eau sous sa surface » ([https://www.lemonde.fr/sciences/article/2020/08/11/la-planete-naine-ceres-abriterait-de-l-eau-sous-sa-surface\\_6048664\\_1650684.html](https://www.lemonde.fr/sciences/article/2020/08/11/la-planete-naine-ceres-abriterait-de-l-eau-sous-sa-surface_6048664_1650684.html)), *Le Monde*, 11 août 2020.
- « Où se cache l'eau sur la planète naine Cérès ? » (<http://sciencepost.fr/2016/12/se-cache-leau-planete-naine-ceres/>) Brice Louvet, *SciencePost*, 27 décembre 2016.
- « Sur Cérès, il y a de l'eau (gelée) partout ! » (<http://tempsreel.nouvelobs.com/sciences/20161216.OBS2785/sur-ceres-il-y-a-de-l-eau-gelee-partout.html>) Jean-Paul Fritz, *L'Obs*, 17 décembre 2016.
- « La NASA diffuse de nouvelles images de la planète naine Cérès » ([https://www.lemonde.fr/sciences/video/2016/11/23/la-nasa-diffuse-de-nouvelles-images-de-la-planete-naine-ceres\\_5036559\\_1650684.html](https://www.lemonde.fr/sciences/video/2016/11/23/la-nasa-diffuse-de-nouvelles-images-de-la-planete-naine-ceres_5036559_1650684.html)), *Le Monde*, 23 novembre 2016.
- « Un cracheur de glace sur Cérès » ([https://www.sciencesetavenir.fr/espace/systeme-solaire/un-cracheur-de-glace-sur-ceres\\_101873](https://www.sciencesetavenir.fr/espace/systeme-solaire/un-cracheur-de-glace-sur-ceres_101873)), Joël Ignasse, *Sciences et Avenir*, 5 septembre 2016.
- « L'intérieur de la planète naine Cérès révélé » (<http://www.techno-science.net/?onglet=news&news=15425>), *Techno-Science*, 23 août 2016.
- « Cérès, petite planète vivante » (<https://www.science-et-vie.com/galerie/ceres-petite-planete-vivante-6631>), Serge Brunier, *Science et Vie*, 18 mars 2016.
- « Survol de Cérès » (<https://www.youtube.com/watch?v=uSaLVAI-ObY>) - vidéo YouTube du JPL
- « La Nasa a détecté deux points lumineux sur une planète » (<https://www.lesechos.fr/idees-debats/sciences-prospective/0204189042441-la-nasa-a-detectede-deux-points-lumineux-sur-une-planete-1097316.php>), *les Échos*, 27 février 2015.
- « Cérès : voyage dans la ceinture » (<https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/la-methode-scientifique-du-mardi-17-avril-2018>), *La Méthode scientifique*, France Culture, 17 avril 2018.
- (en) « Astéroïde 1 Ceres » ([http://planetary.org/explore/topics/asteroids\\_and\\_comets/ceres.html](http://planetary.org/explore/topics/asteroids_and_comets/ceres.html)), The Planetary Society (consulté le 24 septembre 2008)
- (en) « Ceres, Pallas, Vesta et Hygeia » (<http://orbitimulator.com/gravity/articles/ceres.html>), orbitimulator.com (consulté le 7 novembre 2007)
- (en) « Ceres: The Dwarf Planet » (<http://home.comcast.net/~eliws/ceres/>) (consulté le 7 novembre 2007)
- (en) « Salt Water Remnants on Ceres » (<https://apod.nasa.gov/apod/ap200901.html>), sur *Astronomy Picture of the Day*, NASA, 1<sup>er</sup> septembre 2020 (consulté le 13 septembre 2022) (traduction/adaptation française ([https://dpelletier.profweb.ca/AstronomieCompl/APOD/APOD%20NGC%20IC%20et%20M/01\\_09\\_20\\_Ceres.html](https://dpelletier.profweb.ca/AstronomieCompl/APOD/APOD%20NGC%20IC%20et%20M/01_09_20_Ceres.html)))



La version du 25 janvier 2008 de cet article a été reconnue comme « **article de qualité** », c'est-à-dire qu'elle répond à des critères de qualité concernant le style, la clarté, la pertinence, la citation des sources et l'illustration.